

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Председатель КСН  
 Ю.В. Ваганов

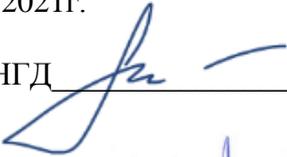
«30» 08 2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

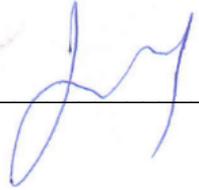
дисциплины / модуля Численное моделирование  
физических полей  
направление подготовки: 21.03.01 Нефтегазовое дело  
направленность (профиль):  
Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти  
форма обучения: очная, очно-заочная

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 30.08.2021г. и требованиями ОПОП 21.03.01 Нефтегазовое дело к результатам освоения дисциплины/модуля.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры естественно-научных и гуманитарных дисциплин Протокол № 1 от «30» 08 2021г.

Заведующий кафедрой ЕНГД  Л.К. Иляшенко

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей кафедрой НД  Р.Д. Татлыев

«30» 08 2021г.

Рабочую программу разработал:

С.А. Лепихин, доцент кафедры ЕНГД, к.ф.- м.н., доцент  
(И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины/модуля

Цель дисциплины/модуля: развить компетенции численного моделирования физических полей.

Задачи дисциплины/модуля:

- изучить базовые дифференциальные и интегральные уравнения, лежащие в основе описания электрических, магнитных, электромагнитных, тепловых и упругих полей;
- изучить и освоить основы методов конечных элементов и конечных разностей;
- овладеть методами разложения дифференциальных уравнений в вычислительный алгоритм;
- освоить программные среды численного моделирования физических полей.

## 2. Место дисциплины/модуля в структуре ОПОП ВО

Дисциплина/модуль относится к дисциплинам общеуниверситетского блока элективных дисциплин по тематике "Цифровая инженерия" обязательной части учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины/модуля являются:

знание основ теории упругости, термодинамики и электродинамики, интегрального и дифференциального исчисления, принципов работы вычислительных алгоритмов.

умения оперировать физическими законами, решать простые интегральные и дифференциальные уравнения

владение навыками работы с компьютерными программами численного моделирования, методами анализа полученных результатов и их представления.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин физика, теоретическая механика, математика, цифровая культура и служит основой для освоения дисциплин проектная деятельность, системы искусственного интеллекта.

## 3. Результаты обучения по дисциплине/модулю

Процесс изучения дисциплины/модуля направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Осуществляет выбор актуальных российских и зарубежных источников, а также поиск, сбор и обработку информации, необходимой для решения поставленной задачи	Знать: актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине (УК-1.31)
		Уметь: выбирать актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине (УК-1.У1)
		Владеть: навыками сбора и обработки информации, необходимой для решения поставленной задачи (УК-1.В1)
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм,	УК-2.1 Проводит анализ поставленной цели и формулирует совокупность взаимосвязанных задач, которые необходимо решить для ее достижения	Знать: принципы формирования модели задачи и корректного задания начальных и граничных условий (УК-2.31)
		Уметь: формировать модель в программной среде численного моделирования, в том числе систему взаимосвязанных моделей (УК-2.У1)

имеющихся ресурсов и ограничений		Владеть: навыками построения численной модели физического поля, представления и анализа результатов, способами верификации результатов (УК-2.В1)
	УК-2.2 Выбирает оптимальный способ решения задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений	Знать: типичные пути и способы решения стандартных и нестандартных ситуаций и задач (УК-2.32)
		Уметь: выбирать оптимальный способ решения задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2.У2)
		Владеть: методикой поиска способов решений стандартных и нестандартных ситуаций и задач (УК-2.В2)

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час			Самостоятельная работа/ контроль, час	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
Очная	2/4	16	-	32	60	Зачет
Очно-заочная	2/4	12	10	10	86	Зачет

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Структура дисциплины

##### очная форма обучения (ОФО)

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Введение	1	-	-	2	3	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Реферат
2	2	Элементы теории поля	2	-	2	5	9	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Типовой расчет, тест
3	3	Уравнения теории упругости	2	-	2	5	9	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Тест
4	4	Уравнения Максвелла в интегральном и дифференциальном виде	2	-	2	5	9	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Тест
5	5	Теплоперенос	2	-	2	5	9	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Тест

6	6	Численные методы	4	-	6	15	25	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Отчет по лабораторной работе
7	7	Моделирование физических полей в программе Elcut	2	-	18	18	38	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Отчет по лабораторной работе
8	8	Альтернативные программные пакеты	1	-	-	5	6	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Реферат
Итого:			16	-	32	60	108	-	-

### очно-заочная форма обучения (ОЗФО)

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Введение	-	-	-	5	5	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Реферат
2	2	Элементы теории поля	1	-	-	10	11	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Контрольная работа, тест
3	3	Уравнения теории упругости	1	-	-	10	11	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Контрольная работа, тест
4	4	Уравнения Максвелла в интегральном и дифференциальном виде	1	-	-	10	11	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Контрольная работа, тест
5	5	Теплоперенос	1	-	-	10	11	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Контрольная работа, тест
6	6	Численные методы	4	-	2	15	21	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Отчет по лабораторной работе
7	7	Моделирование физических полей в программе Elcut	4	-	8	27	39	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Отчет по лабораторной работе
8	8	Альтернативные программные пакеты	-	-	-	5	5	УК-1.1, УК-2.1, УК-2.2	Реферат
Итого:			12		10	86	108		

#### 5.2. Содержание дисциплины/модуля.

##### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины/модуля (дидактические единицы).

Раздел 1. «Введение». Роль и место моделирования физических процессов в проектировании изделий и процессов в производстве.

Раздел 2. «Элементы теории поля». Понятие поля как математического объекта. Скалярное поле. Векторное поле. Тензорное поле. Поверхностные интегралы. Операторы Гамильтона

и Лапласа. Градиент, ротор, дивергенция. Циркуляция векторного поля, формула Стокса. Поток векторного поля, формула Остроградского-Гаусса. Частные случаи вырождения трехмерной модели в плоскую или осесимметричную.

Раздел 3. «Уравнения теории упругости». Тензоры деформаций и напряжений. Закон Гука. Модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, параметры Ламе.

Раздел 4. «Уравнения Максвелла в интегральном и дифференциальном виде». Физические величины, описывающие электромагнитное поле. Теоремы о циркуляции и Остроградского-Гаусса для электрического и магнитного полей. Материальные уравнения. Электростатическое взаимодействие, магнитостатическое взаимодействие, закон Ома, электромагнитная индукция и ток смещения в структуре уравнений Максвелла.

Раздел 5. «Теплоперенос». Температурное поле. Уравнение теплового баланса. Градиент температуры, тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплоемкость, температуропроводность.

Раздел 6. «Численные методы». Основные сведения о методах конечных элементов, разностей и объемов. Сетки и сеточные функции. Граничные и начальные условия. Методы аппроксимации операторов. Полиномиальная аппроксимация и интерполяция. Сходимость и устойчивость алгоритма. Граничные и начальные условия. Верификация результатов численного моделирования.

Раздел 7. «Моделирование физических полей в программе Elcut». Интерфейс программы Elcut. Обзор основных типов задач. Описание задачи. Структура базы данных задачи. Создание задачи. Описание геометрии задачи. Создание геометрической модели. Привязка меток к геометрическим объектам. Дискретизация области. Обмен данными с другими программами. Ввод параметров задачи. Ввод свойств материалов и граничных условий. Ввод свойств метки. Схемы электрических цепей. Анализ результатов решения. Формирование картины поля на экране. Локальный и интегральный калькулятор. Анализ присоединенной электрической цепи. Мастер вычисления параметров. Вывод результатов расчета поля. Надстройки. LabelMover. Гармонический анализ. Импорт эскизов SolidWorks. Вычисление частичных емкостей. Программирование надстроек. Решение мультифизических задач и задач оптимизации.

Раздел 8. «Альтернативные программные пакеты моделирования физических задач». Ansys, COMSOL Multiphysics, Solidworks Simulation, OPERA, CST Studio Suite, JMag, Altair Flux, Simcenter MAGNET. Решаемые задачи. Сравнение.

### 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий Лекционные занятия

№ п/п	Номер раздела дисц.	Объем, час.		Тема лекции
		ОФО	ОЗФО	
1	1, 8	2	-	Роль и место моделирования физических процессов в проектировании изделий и процессов в производстве Ansys, COMSOL Multiphysics, Solidworks Simulation, OPERA, CST Studio Suite, JMag, Altair Flux, Simcenter MAGNET. Решаемые задачи. Сравнение
2	2	2	1	Понятие поля как математического объекта. Скалярное поле. Векторное поле. Тензорное поле. Поверхностные интегралы. Операторы Гамильтона и Лапласа. Градиент, ротор, дивергенция. Циркуляция векторного поля, формула Стокса. Поток векторного поля, формула Остроградского-Гаусса. Частные случаи вырождения трехмерной модели в плоскую или осесимметричную
3	3	2	1	Тензоры деформаций и напряжений. Закон Гука. Модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, параметры Ламе
4	4	2	1	Физические величины, описывающие электромагнитное поле. Теоремы о циркуляции и Остроградского-Гаусса для электрического и

				магнитного полей. Материальные уравнения. Электростатическое взаимодействие, магнитостатическое взаимодействие, закон Ома, электромагнитная индукция и ток смещения в структуре уравнений Максвелла
5	5	2	1	Температурное поле. Уравнение теплового баланса. Градиент температуры, тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплоемкость, температуропроводность
6	6	2	2	Основные сведения о методах конечных элементов, разностей и объемов. Сетки и сеточные функции. Граничные и начальные условия. Методы аппроксимации операторов. Полиномиальная аппроксимация и интерполяция
7	6	2	2	Сходимость и устойчивость алгоритма. Граничные и начальные условия. Верификация результатов численного моделирования
8	7	2	4	Интерфейс программы Elcut. Обзор основных типов задач. Описание задачи. Структура базы данных задачи. Создание задачи. Описание геометрии задачи. Создание геометрической модели. Привязка меток к геометрическим объектам. Дискретизация области. Обмен данными с другими программами. Ввод параметров задачи. Ввод свойств материалов и граничных условий. Ввод свойств метки. Схемы электрических цепей. Анализ результатов решения. Формирование картины поля на экране. Локальный и интегральный калькулятор. Анализ присоединенной электрической цепи. Мастер вычисления параметров. Вывод результатов расчета поля. Надстройки. LabelMover. Гармонический анализ. Импорт эскизов SolidWorks. Вычисление частичных емкостей. Программирование надстроек. Решение мультифизических задач и задач оптимизации
Итого:		16	12	

### Практические занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

### Лабораторные работы

№ п/п	Номер раздела дисц.	Объем, час		Наименование лабораторной работы
		ОФО	ОЗФО	
1	2	2	-	Элементы теории поля
2	3	2	-	Уравнения теории упругости
3	4	2	-	Уравнения Максвелла
4	5	2	-	Уравнения теплопереноса
5	6	6	2	Составление численных алгоритмов расчета интегральных выражений
6	7	2	1	Изучение интерфейса программы Elcut
7	7	2	1	Распределение упругих напряжений тела простой формы
8	7	2	1	Конденсатор переменной емкости
9	7	2	1	Распределение электрического тока в проводнике
10	7	2	1	Расчет магнитного поля постоянных, гармонических и нестационарных токов
11	7	2	1	Расчет теплового поля тела простой формы
12	7	2	-	Нагрев цилиндра и механические напряжения
13	7	4	2	Защита отчетов
Итого:		32	10	

### Самостоятельная работа обучающегося

№ п/п	Номер раздела дисц.	Объем, час.		Тема Объем, час.	Вид СРС
		ОФО	ОЗФО		
1	1	2	5	Роль и место численных методов в науке и технике (по областям)	Написание реферата
2	2	3	5	Решение задач по теории поля	Выполнение типового расчета
3	2	2	5	Тест «Теория поля»	Тестирование
4	3	5	10	Уравнения теории упругости	Подготовка к тестированию/ Тестирование
5	4	5	10	Уравнения Максвелла	Подготовка к тестированию/ Тестирование
6	5	5	10	Уравнения теплопереноса	Подготовка к тестированию/ Тестирование
7	6	5	5	Составление численных алгоритмов расчета интегральных выражений	Подготовка к лабораторной работе
8	6	10	10		Оформление отчета по лабораторной работе
9	7	6	9	Моделирование физических полей в программе Elcut	Подготовка к лабораторным работам
10	7	12	18		Оформление отчета по лабораторным работам
11	8	5	5	Пакеты численного моделирования физических полей	Написание реферата
Итого:		60	86		

5.2.3. Преподавание дисциплины/модуля ведется с применением следующих традиционных и интерактивных видов образовательных технологий:

- лекции: лекция-визуализация с использованием мультимедийного материала; лекция проблемного характера; лекция-беседа;

- лабораторные работы: работа в малых группах; обучение навыкам с помощью прикладных вычислительных комплексов и систем; использование системы поддержки учебного процесса Educon.

## 6. Тематика курсовых работ/проектов

Учебным планом выполнение курсовых работ не предусмотрено.

## 7. Контрольные работы

Учебным планом выполнение контрольных работ не предусмотрено.

## 8. Оценка результатов освоения дисциплины/модуля

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной и очно-заочной форм обучения представлена в таблице ниже.

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1	Реферат «Роль и место численных методов в науке и технике»	0-5

2	Выполнение типового расчета «Теория поля»	0-5
3	Тест «Теория поля»	0-5
4	Тест «Уравнения теории упругости»	0-5
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	0-20
2 текущая аттестация		
5	Тест «Уравнения Максвелла»	0-5
6	Тест «Уравнения теплопроводности»	0-5
7	Выполнение и защита лабораторной работы «Численные алгоритмы расчета интегральных выражений»	0-10
8	Реферат «Пакеты программ численного моделирования»	0-5
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	0-25
3 текущая аттестация		
9	Выполнение и защита лабораторной работы «Интерфейс Elcut»	0-5
10	Выполнение и защита лабораторной работы «Распределение упругих напряжений тела простой формы»	0-5
11	Выполнение и защита лабораторной работы «Конденсатор переменной емкости»	0-10
12	Выполнение и защита лабораторной работы «Распределение электрического тока в проводнике»	0-5
13	Выполнение и защита лабораторной работы «Расчет магнитного поля постоянных, гармонических и нестационарных токов»	0-10
14	Выполнение и защита лабораторной работы «Расчет теплового поля тела простой формы»	0-5
15	Выполнение и защита лабораторной работы «Нагрев цилиндра и механические напряжения»	0-15
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	0-55
	<b>ВСЕГО</b>	<b>0-100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины/модуля

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия
Электронный каталог/Электронная библиотека Тюменского индустриального университета <a href="http://webirbis.tsogu.ru/">http://webirbis.tsogu.ru/</a>	
Договор №09-16/19 от 18.10.2019 взаимного оказания услуг двухстороннего доступа к ресурсам научно-технической библиотеки ФГАОУ ВО РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина и ФГБОУ ВО «ТИУ» <a href="http://elib.gubkin.ru/">http://elib.gubkin.ru/</a>	С 18.10.2019 по 16.10.2021
Договор №09-11/21 от 14.10.2021 взаимного оказания услуг двухстороннего доступа к ресурсам научно-технической библиотеки ФГАОУ ВО РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина и ФГБОУ ВО «ТИУ» <a href="http://elib.gubkin.ru/">http://elib.gubkin.ru/</a>	С 14.10.2021 по 13.10.2022
Договор № Б124/2019/09-20/2019 от 20.12.2019 на оказание услуг по предоставлению двустороннего доступа к ресурсам научно-технической библиотеки ФГБОУ ВО «УГНТУ» и ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» <a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a>	С 20.12.2019 по 18.12.2021
Договор № 09-19/2019 от 12.12.2019 на оказание услуг двустороннего доступа к ресурсам научно-технической библиотеки ФГБОУ ВО «УГТУ» и ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» <a href="http://lib.ugtu.net/books">http://lib.ugtu.net/books</a>	С 12.12.2019 по 10.12.2021

Договор №6631 – 20 от 29.12.2020 на оказание услуг по предоставлению доступа к ресурсам базы данных «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU» (эл.подписи)	с 01.01.2021 по 31.12.2021
Гражданско-правовой договор №8232 от 18.08.2021 на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным экземплярам произведений научного, учебного характера между ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» и ООО «ЭБС ЛАНЬ» <a href="http://www.e.lanbook.ru">www.e.lanbook.ru</a>	с 01.09.2021 по 31.08.2022
Гражданско-правовой договор №7506 от 20.08.2021 на оказание услуг по предоставлению доступа к ЭБС между ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» и ООО «Издательство ЛАНЬ» <a href="http://www.e.lanbook.com">www.e.lanbook.com</a>	с 01.09.2021 по 31.08.2022
Гражданско-правовой договор №7508 от 23.08.2021 с ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе между ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» <a href="http://www.urait.ru">www.urait.ru</a>	с 01.09.2021 по 31.08.2022
Гражданско-правовой договор № 7503 от 17.08.2021 на предоставление доступа к базе данных Консультант студента «Электронная библиотека технического ВУЗа» между ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» и ООО «Политехресурс» <a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a>	с 01.09.2021 по 31.08.2022
Гражданско-правовой договор №7507 от 26.08.2021 ООО «КноРус медиа» на оказание услуг по предоставлению доступа к электронно-библиотечной системе BOOK.ru <a href="https://www.book.ru">https://www.book.ru</a>	с 01.09.2021 по 31.08.2022
Договор №7505 от 16.08.2021 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе «IPRbooks» между ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» и ООО Компанией «Ай Пи Ар Медиа» <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>	с 01.09.2021 по 31.08.2022
Договор №101НЭБ/6258/09/17/2019 о подключении к Национальной электронной библиотеке и предоставлении доступа к объектам Национальной электронной библиотеки (через терминалы доступа)	с 29.10.2019 по 28.10.2024

1. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/elementary.htm> (дата обращения: 30.08.2021).

2. Система поддержки дистанционного обучения Educon [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://educon2.tyuiu.ru/login/index.php> (дата обращения: 30.08.2021).

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

1. Microsoft Office Professional Plus (Договор № 6714-20 от 31.08.2020 до 31.08.2021, Договор №7810 от 14.09.2021 до 13.09.2022).

2. Microsoft Windows (Договор № 6714-20 от 31.08.2020 до 31.08.2021, Договор №7810 от 14.09.2021 до 13.09.2022).

3. Adobe Acrobat Reader DC (свободно-распространяемое ПО).

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля

Помещения для проведения всех видов работ, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (демонстрационное оборудование)
Компьютерный класс, учебные столы, стулья, компьютеры	Комплект мультимедийного оборудования: проектор, экран, компьютер, акустическая система.

## **11. Методические указания по организации СРС**

### **11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям, лабораторным занятиям**

Практический курс дисциплины представлен аудиторными лабораторными занятиями.

#### **Методические указания по подготовке к лабораторным занятиям**

Дисциплина «Численное моделирование физических полей» носит ярко выраженный междисциплинарный характер. Целью данной дисциплины является формирование представлений о способах создания оптимальных моделей для описания электромагнитных, тепловых, гравитационных физических процессов и явлений. Для этого у обучающегося нужно сформировать современное естественнонаучное мировоззрение, развить научное мышление, расширить их научно-технический кругозор, а также привить творческий подход и способность принимать стандартные и нестандартные научные методы исследования для решения поставленных задач. Дисциплина включает следующие виды занятий: лекции, лабораторные работы и самоподготовку. На лабораторных работах объясняется теоретический материал, способы и алгоритмы моделирования физических полей. На этих занятиях преподаватель формулирует (задает) задачу, а обучаемый должен: правильно понять условие задачи, сформулировать и построить алгоритм ее решения, при необходимости выполнить графические построения и в результате получить решение, которое должно быть обосновано пониманием теоретического материала.

Лабораторная работа – это практическое занятие, которое проводится как индивидуально, так и с подгруппой обучающихся. Цель лабораторных занятий заключается в овладении системой средств и методов экспериментально-практического исследования, в развитии творческих исследовательских умений обучающихся, в расширении возможностей использования теоретических знаний для решения практических задач.

Выполнение лабораторных работ способствует углублению знаний обучающихся о различных видах физических полей, приобретению новых знаний, ознакомлению с современной экспериментальной техникой, развитию логического мышления.

При подготовке к лабораторным занятиям, обучающимся, в первую очередь, рекомендуется ознакомиться с краткими теоретическими сведениями, представленными в методических указаниях к лабораторным работам. Часто этих сведений бывает достаточно, чтобы понять смысл лабораторной работы и методику ее проведения. Если же отраженного в методических указаниях теоретического материала оказывается недостаточно для понимания принципов выполнения лабораторной работы, то следует обратиться к конспектам и рекомендуемым учебникам. Также обучающимся необходимо основательно ознакомиться с техникой безопасности при выполнении работы, изучить и понять методику и алгоритм выполнения работы, подготовить необходимую форму отчета работы, согласно методическим указаниям.

#### **Методические указания по организации самостоятельной работы**

Важную роль при освоении дисциплины «Численное моделирование физических полей» играет самостоятельная работа студентов.

Самостоятельная работа способствует:

- углублению и расширению знаний;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- овладению приемами процесса познания;

- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа обучающихся является одной из основных форм внеаудиторной работы при реализации учебных планов и программ.

Основные задачи, решаемые при организации самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать справочную и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

По дисциплине «численное моделирование физических полей» практикуются следующие виды и формы самостоятельной работы студентов:

- изучение избранных вопросов теоретического материала по рекомендованным источникам учебной литературы;
- повторение и переработка теоретического материала по учебникам и учебным пособиям, конспектам лекций;
- подготовка и выполнение лабораторных работ;
- выполнение индивидуальные задания (решение задач, подготовка сообщений, докладов, исследовательские работы и др.);
- тестирование по материалам, разработанным преподавателем;
- подготовка к зачету и контрольному тестированию.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, компьютерном классе, во время внеклассных мероприятий, дома.

Целью самостоятельной работы обучающихся является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Видами заданий, применяемыми для внеаудиторной самостоятельной работы по курсу численного моделирования физических полей, являются:

- *для овладения знаниями:* чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета;

- *для закрепления и систематизации знаний:* работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответы на контрольные вопросы, тестирование;

- для формирования умений: выполнение задач и упражнений по образцу, построение числовых и компьютерных полей физических полей различной природы, опытно-экспериментальная работа.

При изучении теоретической части курса обучающимся рекомендуется составлять подробный конспект лекций. Прослушанный лекционный материал лекции должен потом быть проработан. Насколько эффективно обучающий это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать. Заметим, что осмысление теоретического материала происходит во время описания материала своими словами, разъяснения его в первую очередь для себя. Естественно, что это конспектирование совершенно не то, что запись со слов лектора.

При составлении конспекта с учебника, первоисточника рекомендуется первоначально внимательно прочесть весь текст, разбить его отдельные законченные части (блоки) и озаглавить их, составив тем самым план конспекта. Далее выделить в каждой части основные моменты, и осмысленно записать их в конспект, желательно подкрепив собственными комментариями.

Для успешной самостоятельной работы студент должен планировать свое время и за основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины и соответствующие методические указания, доступные в том числе через электронную систему поддержки образовательного процесса Едукон.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по курсу физики и отраженного в балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся, и может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Оценивание самостоятельной деятельности обучающихся происходит согласно балльно-рейтинговой системе в рамках выделенных контролируемых мероприятий.

Учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачетно-экзаменационной сессией. В соответствии с принятой в вузе балльно-рейтинговой системой оценки знаний на сессию выходят только те обучающиеся, которые набрали за контрольные мероприятия, проводимые по дисциплине в течение семестра, менее 61 балла. Для этих обучающихся организуется промежуточный контроль в виде зачета (или экзамена) в традиционной или тестовой форме.

Темы рефератов:

1. Задачи температурного поля и нестационарной теплопередачи.
2. Компьютерное моделирование магнитных систем некоторых физических установок.
3. Расчет магнитного поля в электронно-оптической системе.
4. Моделирование магнитного поля МПФС.
5. Моделирование возмущений магнитного поля небесных тел.
6. Моделирование теплового поля интегральной схемы.
7. Моделирование электромагнитного поля интегральной схемы, изгибных колебаний печатного узла.
8. Механическое поле в конструкциях РЭС.
9. Моделирования физико-механического поведения неоднородных пространственных массивов.
10. Дискретная модель гравитационной аномалии.
11. Моделирование наращивания массы вследствие гравитации.
12. Моделирование переменного ЭМП 3D проводника в поле гальванического источника.

13. Моделирование движения флюида в неоднородном пласте при законтурном заводнении.

### Вопросы для подготовки к зачету

1. Роль и место моделирования физических процессов в проектировании изделий и процессов в производстве.
2. Понятие поля как математического объекта. Скалярное поле. Векторное поле. Тензорное поле.
3. Поверхностные интегралы. Операторы Гамильтона и Лапласа. Градиент, ротор, дивергенция. Циркуляция векторного поля, формула Стокса.
4. Поток векторного поля, формула Остроградского-Гаусса.
5. Частные случаи вырождения трехмерной модели в плоскую или осесимметричную.
6. Тензоры деформаций и напряжений.
7. Закон Гука. Модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, параметры Ламе.
8. Физические величины, описывающие электромагнитное поле. Теоремы о циркуляции и Остроградского-Гаусса для электрического и магнитного полей.
9. Материальные уравнения. Электростатическое взаимодействие, магнитостатическое взаимодействие, закон Ома, электромагнитная индукция и ток смещения в структуре уравнений Максвелла.
10. Температурное поле. Уравнение теплового баланса. Градиент температуры, тепловой поток.
11. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
12. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплоемкость, температуропроводность.
13. Основные сведения о методах конечных элементов, разностей и объемов. Сетки и сеточные функции. Граничные и начальные условия.
14. Методы аппроксимации операторов. Полиномиальная аппроксимация и интерполяция.
15. Сходимость и устойчивость алгоритма. Граничные и начальные условия. Верификация результатов численного моделирования.
16. Интерфейс программы Elcut.
17. Обзор основных типов задач. Описание задачи. Структура базы данных задачи. Создание задачи.
18. Описание геометрии задачи. Создание геометрической модели. Привязка меток к геометрическим объектам. Дискретизация области.
19. Обмен данными с другими программами. Ввод параметров задачи. Ввод свойств материалов и граничных условий. Ввод свойств метки.
20. Схемы электрических цепей. Анализ присоединенной электрической цепи.
21. Анализ результатов решения. Формирование картины поля на экране.
22. Локальный и интегральный калькулятор. Мастер вычисления параметров. Вывод результатов расчета поля.
23. Альтернативные программные пакеты моделирования физических задач. Решаемые задачи. Сравнение.

**Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания**

Дисциплина/модуль Численное моделирование физических полей  
 Код, направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 Направленность (профиль) Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			Менее 61	61-75	76-90	91-100
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Осуществляет выбор актуальных российских и зарубежных источников, а также поиск, сбор и обработку информации, необходимой для решения поставленной задачи	Знать: актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине (УК-1.31)	Не знает актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине	Имеет частичные представления об актуальных российских и зарубежных источниках учебной и научной информации по дисциплине	Обнаруживает достаточное знание об актуальных российских и зарубежных источниках учебной и научной информации по дисциплине	Обнаруживает глубокое, полное знание об актуальных российских и зарубежных источниках учебной и научной информации по дисциплине
		Уметь: выбирать актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине (УК-1.У1)	Не умеет выбирать актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине	Умеет частично, допуская ряд ошибок, выбирать актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине	Умеет, но допускает ряд незначительных ошибок, выбирать актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине	Умеет правильно выбирать актуальные российские и зарубежные источники учебной и научной информации по дисциплине

Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			Менее 61	61-75	76-90	91-100
		Владеть: навыками сбора и обработки информации, необходимой для решения поставленной задачи (УК-1.В1)	Не владеет навыками сбора и обработки информации, необходимой для решения поставленной задачи	Частично владеет, допуская ряд ошибок, навыками сбора и обработки информации, необходимой для решения поставленной задачи	Хорошо владеет, допуская незначительные ошибки, навыками сбора и обработки информации, необходимой для решения поставленной задачи	В совершенстве владеет навыками сбора и обработки информации, необходимой для решения поставленной задачи
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Проводит анализ поставленной цели и формулирует совокупность взаимосвязанных задач, которые необходимо решить для ее достижения.	Знать: принципы формирования модели задачи и корректного задания начальных и граничных условий (УК-2.31)	Не знает принципы формирования модели задачи и корректного задания начальных и граничных условий	Может перечислит принципы формирования модели задачи. Не знает принципы задания начальных и граничных условий	Знает базовые принципы формирования модели задачи и задания начальных и граничных условий	Знает принципы формирования модели задачи и задания начальных и граничных условий. Может показать важность правильного задания начальных и граничных условий для получения корректного решения
		Уметь: формировать модель в программной среде численного моделирования, в том числе систему взаимосвязанных моделей (УК-2.У1)	Не умеет формировать модель в программной среде	Может сформировать геометрию модели, задать свойства	Формирует модель в программной среде численного моделирования для заданного типа задачи	Свободно формирует модель в программной среде численного моделирования, в том числе систему взаимосвязанных моделей

Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			Менее 61	61-75	76-90	91-100
		Владеть: навыками построения численной модели физического поля, представления и анализа результатов, способами верификации результатов (УК-2.В1)	Не владеет навыками построения численной модели физического поля, представления и анализа результатов, способами верификации результатов	Владеет навыками построения простейших моделей физического поля. Не может дать анализ результатов моделирования.	Владеет базовыми навыками построения численной модели физического поля, представления и анализа результатов, способами верификации результатов	Свободно строит численные модели физического поля. Анализирует результаты моделирования и способен выполнить их верификацию
	УК-2.2 Выбирает оптимальный способ решения задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений	Знать: типичные пути и способы решения стандартных и нестандартных ситуаций и задач (УК-2.32)	Не знает типичные пути и способы решения стандартных и нестандартных ситуаций и задач	Имеет частичные представления о путях и способах решения стандартных и нестандартных ситуаций и задач	Обнаруживает достаточное знание способов решения стандартных и нестандартных ситуаций и задач	Обнаруживает глубокое, полное знание способов решения стандартных и нестандартных ситуаций и задач
Уметь: выбирать оптимальный способ решения задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2.У2)		Не умеет выбирать оптимальный способ решения задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений	Умеет частично, допуская ряд ошибок, выбирать оптимальный способ решения задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений	Умеет, но допускает ряд незначительных ошибок, при выборе оптимального способа решения задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений	Умеет правильно выбирать оптимальный способ решения задач, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений	
Владеть: методикой поиска способов решений стандартных и нестандартных ситуаций и задач (УК-2.В2)		Не владеет навыками методикой поиска способов решений стандартных и нестандартных ситуаций и задач	Частично владеет, допуская ряд ошибок, методикой поиска способов решений стандартных и нестандартных ситуаций и задач	Хорошо владеет, допуская незначительные ошибки, методикой поиска способов решений стандартных и нестандартных ситуаций и задач	В совершенстве владеет методикой поиска способов решений стандартных и нестандартных ситуаций и задач	



## КАРТА

## обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина/модуль Численное моделирование физических полейКод, направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое делоНаправленность (профиль) Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 252 с. — ISBN 978-5-8114-7899-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167179">https://e.lanbook.com/book/167179</a>	-	150	100	+
2	Петрищев, И. О. Численные методы : учебно-методическое пособие / И. О. Петрищев, М. Г. Аббязова. — Ульяновск : УлГПУ им. И.Н. Ульянова, 2017. — 60 с. — ISBN 978-5-86045-951-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/112098">https://e.lanbook.com/book/112098</a>	-	150	100	+
3	Слабнов, В. Д. Численные методы : учебник / В. Д. Слабнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-4549-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/133925">https://e.lanbook.com/book/133925</a>	-	150	100	+
4	Дубков, М. В. Моделирование физических процессов в электромагнитных полях : учебное пособие / М. В. Дубков, И. Г. Веснов. — Рязань : РГРТУ, 2019. — 60 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168312">https://e.lanbook.com/book/168312</a>	-	150	100	+
5	Янов, С. И. Уравнения математической физики : учебно-методическое пособие / С. И. Янов. — Барнаул : АлтГПУ, 2019. — 81 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:	-	150	100	+

	<a href="https://e.lanbook.com/book/139183">https://e.lanbook.com/book/139183</a>				
6	Мустейкис, А. И. Численное решение задач теплопроводности : учебное пособие / А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 41 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/122077">https://e.lanbook.com/book/122077</a>	-	150	100	+
7	Андреев, В. К. Математические модели механики сплошных сред : учебное пособие / В. К. Андреев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1998-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168854">https://e.lanbook.com/book/168854</a>	-	150	100	+
8	Белова, И. М. Теория поля. Математический анализ : учебно-методическое пособие / И. М. Белова, Т. А. Манаенкова, В. М. Кессельман. — Москва : РТУ МИРЭА, 2020. — 68 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/171438">https://e.lanbook.com/book/171438</a>	-	150	100	+
9	Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD : учебное пособие / В. А. Охорзин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-0814-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167771">https://e.lanbook.com/book/167771</a>	-	150	100	+

Заведующий кафедрой ЕНГД



Л.К. Иляшенко

**Дополнения и изменения  
к рабочей программе дисциплины (модуля)**

---

на 20\_ - 20\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие дополнения (изменения):

---

---

---

---

---

Дополнения и изменения внес:

\_\_\_\_\_ (должность, ученое звание, степень) \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры

\_\_\_\_\_ (наименование кафедры)

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ И.О. Фамилия.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой/  
Руководитель образовательной программы \_\_\_\_\_ И.О. Фамилия.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.